



OBJETIVOS DE
DESENVOLVIMENTO
SUSTENTÁVEL

2 FOME ZERO
E AGRICULTURA
SUSTENTÁVEL



COMUNICADO
TÉCNICO

265

Fortaleza, CE
Agosto, 2020

Embrapa

Diversidade Genética e Desempenho Agronômico de Híbridos de Cajueiro: Recursos para o Melhoramento Genético

Maraisa Crestani Haverroth
Patricia do Nascimento Bordallo
Francisco das Chagas Vidal Neto
Dheyne Silva Melo

Diversidade Genética e Desempenho Agronômico de Híbridos de Cajueiro: Recursos para o Melhoramento Genético¹

¹ Maraisa Crestani Hawerroth, engenheira-agrônoma, doutora em Melhoramento Genético de Plantas, pesquisadora da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina – EPAGRI, Estação Experimental de Caçador, SC; Patrícia do Nascimento Bordallo, engenheira-agrônoma, doutora em Produção Vegetal, pesquisadora da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE; Francisco das Chagas Vidal Neto, engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE; Dheyne Silva Melo, engenheiro-agrônomo, doutor em Genética e Melhoramento de Plantas, pesquisador da Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

A implantação de cajueirais com clones anões-precoces geneticamente superiores representa uma possibilidade de mudança efetiva no cenário produtivo nacional, uma vez que facilita o manejo adequado da planta, uma maior uniformidade na qualidade de castanhas e pseudofrutos e o aumento expressivo na produtividade, que, em regime de sequeiro, pode ser superior a 1.000 kg ha⁻¹ de castanhas (Martins Junior et al., 2008; Vidal Neto et al., 2013), elevando assim a rentabilidade da atividade. Entretanto, a busca por clones superiores, em produtividade e características exigidas pelo mercado, pode ocasionar, muitas vezes, a redução da base genética e a consequente redução da capacidade de resposta aos efeitos adversos do ambiente. Por conseguinte, no melhoramento do cajueiro, com possibilidade de propagação vegetativa e seleção direta dos melhores indivíduos, há que se ter

cuidado com a preservação da variabilidade genética das populações sob seleção para evitar a erosão genética e o comprometimento de futuros ganhos via seleção.

Dessa forma, a avaliação da distância genética entre genótipos-elite de cajueiro, viabilizada pela identificação de polimorfismo via marcadores moleculares, é importante na geração de informações para suporte à realização de cruzamentos dirigidos visando à ampliação da variabilidade genética. Para o estudo em nível molecular de espécies como o cajueiro, com menos informação disponível em comparação a outras espécies-modelo, é comum o uso de marcadores aleatórios que acessam todo o genoma do indivíduo, como o RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) e o ISSR (*Inter Simple Sequence Repeat*), no intuito de aumentar as chances de se identificar polimorfismo entre indivíduos

de interesse e, assim, possibilitar a quantificação da variabilidade genética em populações melhoradas.

Conjuntamente, a caracterização fenotípica para os principais caracteres de importância agrônômica é de suma importância para subsidiar a tomada de decisão, auxiliando na definição de combinações entre indivíduos geneticamente distintos e fenotipicamente superiores, aumentando assim as chances de se obter genótipos superiores nas progênies-alvo de seleção. Nesse sentido, é possível destacar os clones de cajueiro-anão CCP 76, Embrapa 51, BRS 226 e BRS 253, os quais foram desenvolvidos pelo Programa de Melhoramento Genético de Caju da Embrapa Agroindústria Tropical, que buscou disponibilizar aos produtores clones de cajueiro mais produtivos, de menor porte, e mais adaptados às condições de cultivo brasileiras. Segundo Paiva e Barros (2004), o clone CCP 76 foi lançado em 1983 e é indicado para cultivo, tanto em sequeiro como irrigado, cuja produção de pedúnculos pode ser comercializada como fruta in natura, pela qualidade organoléptica superior, sendo sua castanha destinada para o mercado de amêndoas. De acordo com esses autores, para os cultivos na região litorânea do Nordeste, os clones de cajueiro-anão Embrapa 51 (lançado em 1996), BRS 226 (lançado em 2002) e BRS 253 (lançado em 2005) estão entre os mais recomendados para o plantio

comercial, pois apresentam alta produtividade e boa qualidade do pedúnculo e da amêndoa. O clone BRS 226 se destaca por ser resistente à resinose e à podridão-preta-da-haste (causadas pelo fungo *Lasiodiplodia theobromae*), por isso é especialmente recomendado para cultivo em áreas com ocorrência destas enfermidades, como o semiárido e cerrado brasileiros (Paiva et al., 2008). Em avaliação conduzida por Dias-Pini et al. (2017), foi verificado que existe diferença entre os genótipos de cajueiro-anão quanto à preferência da traça-das-castanhas (*Anacampsis phytomiella*), na qual o BRS 226 foi menos preferido comparado ao CCP 76. Adicionalmente, de acordo com Pinto et al. (2017), o clone BRS 226 é resistente ao oídio, enquanto que os clones CCP 76 e Embrapa 51 podem ser caracterizados como moderadamente suscetíveis.

A produtividade e a massa média de castanhas, assim como a resistência ao oídio (*Erysiphe quercicola*; sin. *Pseudoidium anacardii*) e à traça-das-castanhas estão entre os principais caracteres-alvo de seleção no melhoramento do cajueiro (Melo et al., 2018). Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade genética de genótipos a partir de marcadores RAPD e ISSR e, com base na variabilidade genética e no respectivo desempenho fenotípico para características de interesse agrônômico, indicar possíveis cruzamentos promissores para avanço nos

ganhos no programa de melhoramento do cajueiro.

O experimento no campo foi instalado em 2007, e as avaliações conduzidas nas safras de 2010 a 2015, no Campo Experimental de Pacajus, pertencente à Embrapa Agroindústria Tropical, em Pacajus, CE. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições de quatro plantas cada. As plantas foram conduzidas em espaçamento de 8 m entre linhas e 6 m entre plantas (208 plantas por hectare), com tratos culturais e correção do solo aplicados considerando-se as recomendações técnicas para a cultura do cajueiro (Oliveira et al., 2002; Oliveira; Costa, 2005).

Foram avaliados híbridos F1 originados dos cruzamentos: clone CCP 76 (*Anacardium occidentale*) x acesso *Anacardium microcarpum*; CCP 76 x BRS 226; CCP 76 x seleção HAC 276-1 (HAC: Híbrido Anão x Comum); CCP 76 x Embrapa 51; CCP 76 x BRS 253; CCP 76 x seleção HAC 222-4; e BRS 226 x Embrapa 51. Dos 16 híbridos iniciais, os 10 mais produtivos de cada cruzamento foram pré-selecionados no ano de 2012, quando as plantas já se encontravam em estágio produtivo. Os 70 indivíduos pré-selecionados, representados por 10 híbridos por progênie, foram o foco das avaliações fenotípicas e moleculares contempladas neste trabalho.

A produtividade de castanha (kg ha^{-1}) de cada híbrido foi avaliada em seis safras agrícolas, de 2010 a 2015. Do mesmo modo, a massa média de castanha (g) foi determinada a partir da mensuração de três amostras, compostas por 20 castanhas coletadas de cada híbrido, retiradas do total produzido por planta, com posterior obtenção da média aritmética. Adicionalmente, ao final do período dessas seis colheitas, foi quantificada a porcentagem de castanhas atacadas pela traça-das-castanhas, a partir da contagem de castanhas perfuradas em uma amostra de 100 castanhas. Com base no total de castanhas colhidas em cada híbrido, foi realizada a avaliação da ocorrência do oídio em quatro safras, de 2012 a 2015. Essa avaliação baseou-se em uma escala de notas de 0 a 4, atribuindo-se a nota 0 à ausência de sintomas; a nota 1 correspondeu à presença de lesões cobrindo até 25% da área da castanha; a nota 2 foi atribuída à presença de lesões cobrindo entre 25% a 50% da área da castanha; a nota 3 correspondeu às lesões cobrindo de 50% a 75% da área da castanha; e a nota 4 foi dada na ocorrência de lesões cobrindo de 75% a 100% da área da castanha. Essa avaliação foi adaptada a partir de Cardoso et al. (1999).

Os dados correspondentes ao desempenho dos híbridos ao longo das safras, para cada variável, foram submetidos à estatística descritiva, contemplando a média aritmética e o desvio

padrão. A consequente classificação dos genótipos, como superior ou inferior, foi feita em relação à média geral de cada característica avaliada somada ou subtraída de um desvio padrão, respectivamente. Nas análises estatísticas referentes às características produtividade de castanha, massa média da castanha e castanhas perfuradas, foram utilizados dados de seis safras (de 2010 a 2015), enquanto que para a incidência de oídio nas castanhas foram considerados dados de quatro safras (de 2012 a 2015).

As análises moleculares foram realizadas no Laboratório de Biologia Molecular da Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza, CE. Foram incluídos na avaliação os genitores dos 70 híbridos F1: os clones comerciais CCP 76, BRS 226, Embrapa 51 e BRS 253, o acesso *A. microcarpum* e as seleções HAC 276-1 e HAC 222-4, totalizando 77 genótipos. As extrações de DNA foram realizadas a partir de folhas jovens e saudáveis, utilizando-se o método CTAB ajustado por Cavalcanti et al. (2007). Os genótipos foram avaliados quanto à variabilidade genética com base no uso de iniciadores RAPD e ISSR, apresentados na Tabela 1. Os detalhes quanto aos procedimentos laboratoriais e peculiaridades dos iniciadores RAPD e ISSR estão descritos em Hawerth et al. (2019). Foi construída a matriz genética com base nos marcadores gerados pelo conjunto de iniciadores (RAPD + ISSR) e construída a matriz

de similaridade genética utilizando-se o Coeficiente de Jaccard. Foi gerado um dendrograma pelo método de agrupamento UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*), com os agrupamentos definidos a partir da similaridade média entre os indivíduos avaliados. As análises foram realizadas com o auxílio dos programas Genes (Cruz, 2013) e NTSYS (Rohlf, 2000).

Variabilidade genética e fenotípica observada

Com base na similaridade média ($sm = 0,49$), os genótipos foram separados em 21 agrupamentos distintos, representados no dendrograma (Figura 1). As populações segregantes avaliadas apresentaram considerável variabilidade genética, representada por expressiva variabilidade fenotípica observada no campo, também relatada em avaliações anteriores (Vale et al., 2014; Hawerth et al., 2017).

Com base no dendrograma, é possível observar que 15 grupos foram constituídos por um único genótipo, três grupos com dois híbridos e dois grupos por três genótipos. Já o 21º grupo foi formado pelos genitores *A. microcarpum*, BRS 226, HAC 276-1, Embrapa 51 e HAC 222-4, e outros 45 híbridos provenientes dos sete cruzamentos considerados.

Tabela 1. Eficiência de 21 iniciadores RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*) e 20 iniciadores ISSR (*Inter Simple Sequence Repeat*) adotados na análise dos genótipos de cajueiro (*Anacardium* spp.).

Identificação do iniciador	Total de marcadores	Total de marcadores polimórficos	Porcentagem de polimorfismo* (%)	Identificação do iniciador	Total de marcadores	Total de marcadores polimórficos	Porcentagem de polimorfismo* (%)
Iniciadores RAPD							
OPA-02	18	8	44,44	I01-(GACA) ₄	19	11	57,89
OPA-07	21	8	38,10	I02-(GAAGTGGG) ₂	16	7	43,75
OPA-08	9	2	22,22	I03-(GTG) ₆	14	5	35,71
OPA-09	15	7	46,67	I04-(GTG) ₄	16	7	43,75
OPB-10	13	5	38,46	I05-(TCC) ₅	8	3	37,50
OPB-20	16	7	43,75	I08-(AGG) ₆	15	5	33,33
OPC-20	14	4	28,57	I811-(GA) ₈ C	16	5	31,25
OPD-02	17	6	35,29	I816-(CA) ₈ T	18	6	33,33
OPD-20	12	4	33,33	I818-(CA) ₈ G	16	6	37,50
OPE-07	9	3	33,33	I825-(AC) ₈ T	12	5	41,67
OPF-12	17	8	47,06	I826-(AC) ₈ C	12	5	41,67

Tabela 1. Continuação.

Identificação do iniciador	Total de marcadores	Total de marcadores polimórficos	Porcentagem de polimorfismo* (%)	Identificação do iniciador	Total de marcadores	Total de marcadores polimórficos	Porcentagem de polimorfismo* (%)
Iniciadores RAPD							
OPF-15	18	6	33,33	I834-(AG) ₈ YT	18	5	27,78
OPG-02	7	2	28,57	I835-(AG) ₈ YC	16	5	31,25
OPN-05	18	5	27,78	I840-(GA) ₈ YT	22	9	40,91
OPN-06	12	4	33,33	I841-(GA) ₈ YC	16	6	37,50
OPS-11	13	4	30,77	I842-(GA) ₈ YG	10	3	30,00
UBC-305	10	3	30,00	I846-(CA) ₈ RT	16	6	37,50
UBC-308	10	3	30,00	I847-(CA) ₈ RC	12	4	33,33
UBC-318	13	3	23,08	I848-(CA) ₈ RG	18	8	44,44
UBC-322	17	5	29,41	I849-(GT) ₈ YA	10	2	20,00
UBC-341	16	6	37,50	--	--	--	--
Total	295	103	34,05	Total	300	113	37,00

*Relação entre o número total de bandas amplificadas de forma nítida e constante com uso do iniciador e respectivo número de bandas polimórficas consideradas. Y = C ou T; V = A, C ou G; R = A ou G; D = A, G ou T.

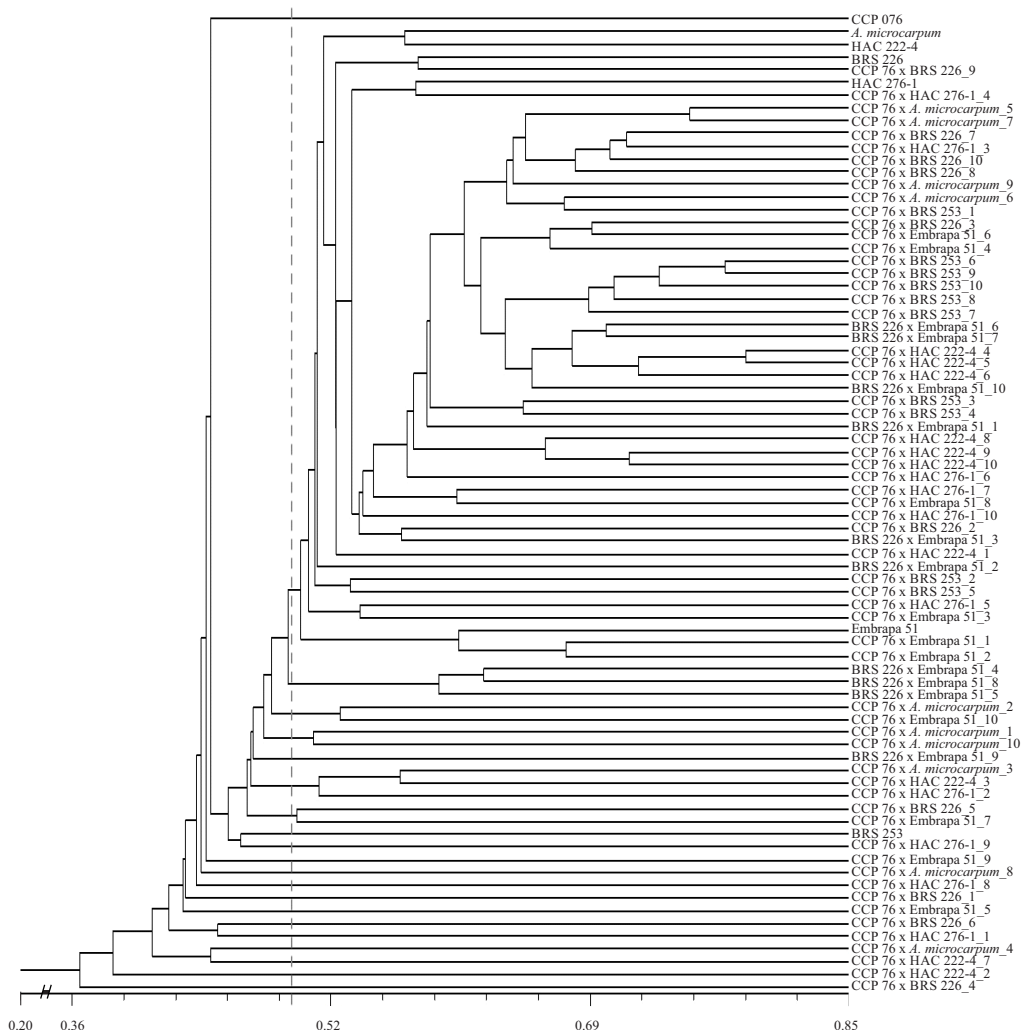


Figura 1. Similaridade entre 77 genótipos de cajueiro (*Anacardium* spp.) com base no Coeficiente de Jaccard, considerando-se a variabilidade genética identificada pela adoção de 21 iniciadores RAPD e 20 iniciadores ISSR. Foram formados 21 agrupamentos com base na similaridade média (sm = 0,49; com coeficiente cofenético $r = 0,87$) [figura modificada de Hawerth et al. (2019)].

Na rotina do melhoramento de cajueiro, a massa de castanha tende a apresentar forte relação com a produtividade de castanhas, por isso é um importante

componente na definição do potencial produtivo dos híbridos de cajueiro considerados nesta avaliação. As populações geradas pelos cruzamentos CCP 76 x

BRS 253 e BRS 226 x Embrapa 51 apresentaram maior massa média de castanha (9,30 g e 9,47 g, respectivamente), conforme Tabela 2. Essas combinações demonstraram ter um potencial interessante para a formação de híbridos com desempenho superior para a massa de castanha – 7 e 6 indivíduos, respectivamente, conforme apresentado em Hawerth et al. (2019). Nas demais populações avaliadas, outros híbridos evidenciaram desempenho individual superior. Contudo, em todas

as populações consideradas, alguns híbridos evidenciaram desempenho inferior para esse caráter. Desse fato surge a dificuldade em associar, em um único híbrido, o desempenho satisfatório para o conjunto de características consideradas importantes para o melhoramento genético do cajueiro. No geral, os híbridos superiores destacam-se principalmente para uma das características importantes, como é possível observar na Tabela 3.

Tabela 2. Desempenho médio de populações de híbridos de cajueiro (*Anacardium* spp.) quanto a caracteres de interesse agrônomo (médias das safras \pm desvio padrão).

População	Produtividade de castanha	Massa média da castanha	Castanhas danificadas por <i>A. phytomiella</i>	Ocorrência de <i>P. anacardii</i> na castanha
	Kg ha ⁻¹	g	%	Nota 0 a 4
	Safras de 2010 a 2015		Safras de 2012 a 2015	
CCP76 x <i>A. microcarpum</i>	729 \pm 422	6,28 \pm 0,58 (I)	5,92 \pm 6,52	2,44 \pm 0,44
CCP 76 x BRS 226	814 \pm 405	7,88 \pm 0,70	8,51 \pm 8,67	2,40 \pm 0,40
CCP 76 x HAC 276/1	1191 \pm 664	8,70 \pm 0,74	9,54 \pm 10,61	2,78 \pm 0,54
CCP 76 x Embrapa 51	1472 \pm 762	8,20 \pm 0,50	4,21 \pm 4,97	2,98 \pm 0,41
CCP 76 x BRS 253	836 \pm 645	9,30 \pm 0,69 (S)	7,62 \pm 8,25	2,49 \pm 0,56
BRS 226 x Embrapa 51	1196 \pm 743	9,47 \pm 0,64 (S)	5,73 \pm 7,47	2,55 \pm 0,46
CCP 76 x HAC 222/4	849 \pm 557	8,65 \pm 0,48	6,46 \pm 5,85	3,10 \pm 0,46
Média geral \pm DP	1012 \pm 600	8,35 \pm 0,62	6,86 \pm 7,48	2,68 \pm 0,47

DP – Desvio padrão; S – superior à média geral mais um desvio padrão; I – inferior à média geral menos um desvio padrão.

Tabela 3. Híbridos de cajueiro (*Anacardium* spp.) com maior destaque entre as populações avaliadas e correspondente desempenho médio nos caracteres de interesse agrônômico.

Híbrido	Produtividade de castanha	Massa média da castanha	Castanhas danificadas por <i>A. phytomiella</i>	Ocorrência de <i>P. anacardii</i> na castanha
	Kg ha ⁻¹	g	%	Nota 0 a 4
	Safras de 2010 a 2015		Safras de 2012 a 2015	
CCP76xHAC276/1_2	1105 ± 463	11,02 ± 0,62(S)*	13,48 ± 13,88	2,50 ± 0,43
CCP76xHAC276/1_5	2010 ± 1159(S)*	9,51 ± 0,77(S)*	11,60 ± 7,99	3,13 ± 0,37
CCP76xHAC276/1_9	617 ± 330	7,99 ± 0,82	8,63 ± 11,07	1,63 ± 0,28(I)*
CCP76xHAC222/4_1	1842 ± 1695(S)*	10,77 ± 0,26(S)*	12,28 ± 10,25	3,04 ± 0,52
CCP76xHAC222/4_6	472 ± 225	7,20 ± 0,75 (I)	1,50 ± 2,21	3,54 ± 0,42 (S)
CCP76xEmbrapa51_5	1303 ± 559*	12,14 ± 0,82(S)*	2,79 ± 3,25	3,08 ± 0,69
CCP76xEmbrapa51_6	1744 ± 983(S)*	9,05 ± 0,56(S)*	7,15 ± 5,61	3,29 ± 0,34(S)
CCP76xEmbrapa51_7	2502 ± 1685(S)*	7,03 ± 0,28(I)	3,93 ± 4,47	2,79 ± 0,50
CCP76xEmbrapa51_8	1636 ± 953(S)*	6,49 ± 0,39(I)	3,86 ± 4,21	2,83 ± 0,43
CCP76xEmbrapa51_9	1048 ± 420	10,89 ± 0,82(S)*	2,68 ± 3,59	3,13 ± 0,25
CCP76xEmbrapa51_10	1171 ± 662	8,33 ± 0,21	1,22 ± 1,88*	2,83 ± 0,45
BRS226xEmbrapa51_5	1006 ± 445	9,00 ± 8,81(S)*	5,94 ± 5,57	2,17 ± 0,19(I)*
BRS226xEmbrapa51_6	1205 ± 693*	10,58 ± 0,61(S)*	2,39 ± 3,58	1,50 ± 0,58(I)*
BRS226xEmbrapa51_8	1238 ± 1170*	11,70 ± 1,26(S)*	6,93 ± 11,71	2,96 ± 0,67
BRS226xEmbrapa51_9	955 ± 736	13,85 ± 0,91(S)*	1,11 ± 1,66*	3,08 ± 0,42
BRS226xEmbrapa51_10	1240 ± 624*	10,08 ± 0,49(S)*	1,36 ± 2,23*	2,88 ± 0,50
CCP76xBRS226_6	960 ± 379	5,89 ± 0,57 (I)	6,41 ± 5,45	1,67 ± 0,27(I)*
Média geral ± DP	1012 ± 600	8,35 ± 0,62	6,86 ± 7,48	2,68 ± 0,47

* Destaque de performance do genótipo para o caráter; DP – Desvio padrão; S – superior à média geral mais um desvio padrão; I – inferior à média geral menos um desvio padrão.

O cruzamento CCP 76 x *A. microcarpum* originou a população com menor massa média da castanha (6,28 g), com

todos os híbridos com desempenho inferior à média geral do experimento. O acesso *A. microcarpum* apresenta

frutos (castanhas) e pseudofrutos (pedúnculos) significativamente menores em relação às cultivares e seleções de cajueiro utilizadas como genitores neste estudo, sendo observada a transmissão efetiva de genes à progênie para baixa massa da castanha. Contudo, genótipos de *A. microcarpum* são utilizados em blocos de cruzamentos com genótipos-elite de *A. occidentale* visando, principalmente, à doação de alelos que contribuam para a melhoria da qualidade do pedúnculo, como redução da adstringência, acidez e melhoria da textura (Crisóstomo et al., 2002).

Os híbridos CCP 76 x HAC 276/1_5 (2010,56 kg ha⁻¹), CCP 76 x HAC 222/4_1 (1842,88 kg ha⁻¹), CCP 76 x Embrapa 51_6 (1744,43 kg ha⁻¹), CCP 76 x Embrapa 51_7 (2502,93 kg ha⁻¹) e CCP 76 x Embrapa 51_8 (1636,89 kg ha⁻¹) evidenciaram desempenho superior para a produtividade de castanha (Tabela 3). A combinação entre 'CCP 76' e 'Embrapa 51' foi a mais eficiente em gerar indivíduos superiores para a produtividade de castanha, cuja média populacional foi a maior entre as combinações consideradas (1472,80 kg ha⁻¹). Os híbridos CCP 76 x HAC 276/1_5, CCP 76 x HAC 222/4_1 e CCP 76 x Embrapa 51_6 foram os únicos a apresentar, concomitantemente, desempenho superior para a produtividade e para a massa média da castanha, podendo ser importantes fontes de genes visando ao elevado potencial produtivo. Contudo, por estarem

dispostos no mesmo grupo quanto à variabilidade genética (Figura 1), o cruzamento entre esses híbridos possivelmente formará indivíduos mais semelhantes em si. Uma seleção criteriosa e eficiente, contudo, aumenta as chances de obtenção de indivíduos transgressivos para produtividade e massa de castanha, mesmo em populações menores. De acordo com Paiva e Barros (2004), o clone CCP 76 foi originado a partir de um clone obtido da planta matriz de cajueiro CP 76 (Cajueiro de Pacajus). Já o clone Embrapa 51 foi obtido a partir de seleção fenotípica individual dentro de uma progênie policruzada do genótipo CCP 76, seguida de seleção clonal (Vidal Neto et al., 2013) obtida a partir de policruzamentos realizados na planta-mãe P 500E. Logo, esses clones têm elevado grau de parentesco, pois o Embrapa 51 é descendente direto do CCP 76.

Já os híbridos CCP 76 x HAC 276-1_2, CCP 76 x Embrapa 51_5, CCP 76 x Embrapa 51_9, CCP 76 x Embrapa 51_10, BRS 226 x Embrapa 51_5 e BRS 226 x Embrapa 51_8 apresentaram produtividade e massa de castanha próximas ou superiores à média geral obtida. Por estarem dispostos em agrupamentos distintos, evidenciam maior variabilidade genética potencial ao serem cruzados entre si ou com os híbridos CCP 76 x HAC 276/1_5, CCP 76 x HAC 222/4_1 e CCP 76 x Embrapa 51_6.

O desempenho dos híbridos em relação ao número de castanhas atacadas pela traça-das-castanhas foi instável ao longo das safras consideradas, o que pode ser atribuído a fatores bióticos que perturbaram as relações inseto-planta, determinando um desequilíbrio na resposta relativa à maior ou menor preferência do inseto (DeLucia et al., 2012). Contudo, entre as populações amostradas, a que foi gerada pela combinação entre CCP 76 e Embrapa 51 apresentou a menor incidência média de castanhas furadas (4,21%) (Tabela 2).

Em avaliação conduzida por Dias-Pini et al. (2017), o clone BRS 226 demonstrou ser menos preferido pela *A. phytomiella* comparado ao CCP 76. E, ao considerar o desempenho de diferentes populações segregantes de cajueiro, Dias-Pini et al. (2018) verificaram que a progênie BRS 226 x Embrapa 51 apresentou infestação intermediária de *A. phytomiella*, sendo que as progênies formadas a partir da autofecundação do genitor BRS 275 foram as menos preferidas pela traça-das-castanhas. Nesta avaliação, no geral, as menores incidências de castanhas furadas foram observadas nos híbridos CCP 76 x Embrapa 51_10 (1,22%), BRS 226 x Embrapa 51_9 (1,11%), BRS 226 x Embrapa 51_10 (1,36%) e CCP 76 x HAC 222/4_6 (1,50%) (Tabela 3). Entre esses, o BRS 226 x Embrapa 51_10 e o CCP 76 x Embrapa 51_10 destacaram-se por apresentar concomitantemente

desempenho satisfatório para a produtividade e massa da castanha, além do maior potencial de ampliação da variabilidade genética quando combinados entre si, por estarem dispostos em grupos de similaridade diferentes. Contudo, por apresentarem desempenho próximo à média geral quanto à severidade do oídio na castanha (nota 2,88 e 2,83, respectivamente), é necessária a formação de populações segregantes maiores. Assim, mediante a caracterização da variabilidade genética disponível, será possível identificar indivíduos superiores quanto à produtividade e massa de castanha, associado à baixa incidência de castanhas furadas e pequena ocorrência de oídio.

A busca por fontes de resistência ao oídio é de suma importância, uma vez que, como para qualquer outra doença, a exploração comercial de cajueiros resistentes é o modo mais eficiente com menor custo de controle. Em alguns dos híbridos avaliados, foi observada mais baixa severidade geral dos indivíduos avaliados, indicando possíveis fontes de genes de resistência a essa doença. Assim, destacam-se o BRS 226 x Embrapa 51_6 (nota 1,50), o CCP 76 x HAC 276/1_9 (nota 1,63) e o CCP 76 x BRS 226_6 (nota 1,67) (Tabela 3), os quais foram dispostos em agrupamentos distintos quanto à similaridade genética (Figura 1). Contudo, apesar da variabilidade potencial ao serem inter cruzados, não apresentaram desempenho

superior quanto à massa e produtividade de castanha e incidência de castanhas furadas. Por isso, faz-se necessária a combinação desses híbridos com genitores doadores de genes que confirmem desempenho superior para esses caracteres, associado à geração de populações segregantes compostas por um grande número de indivíduos, a fim de haver maior chance de selecionar indivíduos transgressivos.

Considerações finais

Marcadores RAPD e ISSR podem avaliar eficientemente a variabilidade genética entre híbridos de cajueiro, conforme ficou demonstrado nesta avaliação, em que híbridos e respectivos genitores foram alocados em 21 agrupamentos distintos quanto à similaridade genética.

A eficiente definição dos cruzamentos está diretamente atrelada ao sucesso de um programa de melhoramento, e o uso de marcadores moleculares pode auxiliar essa seleção, pois são capazes de acessar a variabilidade genética de modo simples, rápido e isento de efeitos de ambiente. Quando associado ao desempenho fenotípico para caracteres de interesse, aumentam-se as chances de se obter indivíduos transgressivos a partir de cruzamentos entre genitores geneticamente distintos e fenotipicamente superiores.

Os híbridos CCP 76 x HAC 276/1_5, CCP 76 x HAC 222/4_1 e CCP 76 x Embrapa 51_6 podem ser empregados em intercruzamentos visando à formação de populações segregantes superiores, apesar da menor variabilidade genética potencial entre indivíduos.

Os híbridos BRS 226 x Embrapa 51_10 e CCP 76 x Embrapa 51_10 são promissores para gerar populações segregantes com produtividades e massa média da castanha mais elevadas, além da baixa incidência de castanhas furadas.

Os híbridos BRS 226 x Embrapa 51_6, CCP 76 x HAC 276/1_9 e CCP 76 x BRS 226_6 podem ser utilizados em combinações visando à formação de populações menos susceptíveis ao oídio na castanha.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Edemar J. Corazza, editor da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira – PAB, pela autorização para reprodução da Figura 1; e a Ana Elisa Sidrim pela edição desta mesma figura.

Referências

CARDOSO, J. E.; CAVALCANTI, J. J. V.; CAVALCANTE, M. D. J. B.; ARAGÃO, M. D. L.; FELIPE, E. M. Genetic resistance of dwarf cashew (*Anacardium occidentale* L.)

to anthracnose, black mold, and angular leaf spot.

Crop Protection, v. 18, p. 23-27, 1999.

CAVALCANTI, J. J. V.; WILKINSON, E. M. J. The first genetic maps of cashew (*Anacardium occidentale* L.). **Euphytica**, v. 157, p. 131-143, 2007.

CRISÓSTOMO, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; BARROS, L. M.; ALVES, R. E.; FREITAS, J. G.; OLIVEIRA, J. N. Melhoramento do cajueiro-anão precoce: avaliação da qualidade do pedúnculo e a heterose dos seus híbridos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 2, p. 477-480, 2002.

CRUZ, C. D. GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum**, v. 35, n. 3, p. 271-276, 2013.

DELUCIA, E. H.; NABITY, P. D.; ZAVALA, J. A.; BERENBAUM, M. R. Climate change: resetting plant-insect interactions. **Plant Physiology**, v. 160, p. 1677-1685, 2012.

DIAS-PINI, N. S.; MACIEL, G. P. S.; ARAÚJO, J. L.; GOMES FILHO, A. A. H.; SILVA, D. M.; VIDAL NETO, F. C.; BARROS, L. M.

Preferência da traça-da-castanha por genótipos de cajueiro-anão e metodologia de avaliação da infestação em campo. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2017. 18 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 137). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1071996/1/BPD17013.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2020.

DIAS-PINI, N. S.; MELO, D. S.; ARAÚJO, J. L.; MACIEL, G. P. S.; GOMES FILHO, A. A. H.; SANTOS, E. S.; BRAGA, C. A. T. **Respostas**

preliminares de progênies de cajueiro-anão à infestação da broca-das-pontas e da traça-da-castanha. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2018. 13 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 156). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1089432/1/BPD18005.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2020.

HAWERROTH, M. C.; BORDALLO, P. N.; OLIVEIRA, L. C. P.; VALE, E. H.; VIDAL NETO, F. C.; MELO, D. S. Genetic variability among cashew hybrids and prediction of superior combinations based on agronomic performance. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 54, e00725, 2019.

HAWERROTH, M. C.; VALE, E. H.; OLIVEIRA, L. C. P.; HAWERROTH, F. J.; BORDALLO, P. N.; VIDAL NETO, F. C.; MELO, D. S. **Busca por fontes de resistência a doenças de importância na cultura do cajueiro com base no comportamento de progênies.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2017. 28 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 143). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1075121/1/BPD17020.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2020.

MARTINS JUNIOR, W.; SOUSA, G. G.; ALMEIDA, F. A. G. Comparação dos parâmetros de produção de três novos clones de cajueiro anão sob condições de irrigação. **Revista Verde**, v. 3, n. 3, p. 17-25, 2008.

MELO, D. S.; VIDAL NETO, F. C.; BARROS, L. M.; SERRANO, L. A. L.; TEIXEIRA, A. S. **Protocolo para avaliações de plantas e de castanhas do Programa de Melhoramento**

Genético do Cajueiro da Embrapa

Agroindústria Tropical. Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2018. 18 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico, 245). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1102071/1/COT18012.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2020.

OLIVEIRA, V. H.; COSTA, V. S. O. **Manual de produção integrada de caju.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2005. 355 p.

OLIVEIRA, V. H.; MONTENEGRO, A. A. T.; CARBAJAL, A. C. R.; MESQUITA, A. L. M.; AQUINO, A. R. L.; FREIRE, F. C. O.; OLIVEIRA, F. N. S.; ARAÚJO FILHO, G. C.; PAIVA, J. R.; PAZ, J. S.; PARENTE, J. I. G.; MOSCA, J. L.; BARROS, L. M.; CRISÓSTOMO, L. A.; PESSOA, P. F. A. P.; SILVEIRA, S. S. **Cultivo do Cajueiro Anão Precoce.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002. 40 p. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAT-2010/10404/1/Sp-001.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2020.

PAIVA, J. R.; BARROS, L. M. **Clones de cajueiro: obtenção, características e perspectivas.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2004. 26 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Documentos, 82). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/425173/1/doc82.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2020.

PAIVA, J. R.; CARDOSO, J. E.; MESQUITA, A. L. M.; CAVALCANTI, J. J. V.; SANTOS, A. A. Desempenho de clones de cajueiro-anão precoce no semi-árido do Estado do Piauí. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 2, p. 295-300, 2008.

PINTO, O. R.; CARDOSO, J. E.; VIANA, F. M. P.; MARTINS, M. V. V.; LIMA, J. S. **Resistência de clones comerciais de cajueiro ao oídio nas inflorescências.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2017. 6 p. (Embrapa Agroindústria Tropical. Comunicado técnico, 230). Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1077160/1/COT17005.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2020.

ROHLF, F. J. **NTSYS-pc: Microcomputer Programs for Numerical Taxonomy and Multivariate Analysis.** New York: Exeter Software, 2000. 38 p.

VALE, E. H.; HAWERROTH, M. C.; CAVALCANTI, J. J. V.; VIDAL NETO, F. C.; MELO, D. S. Desempenho de híbridos de cajueiro-anão-precoce no litoral do Estado do Ceará. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 36, n. 4, p. 940-949, 2014.

VIDAL NETO, F. C.; BARROS, L. M.; CAVALCANTI, J. J. V.; MELO, D. S. Melhoramento genético e cultivares de cajueiro. In: ARAÚJO, J. P. P. (Ed.). **Agronegócio caju: práticas e inovações.** Brasília, DF: Embrapa, 2013. parte 7, capítulo 2, p. 481-508.

Exemplares desta edição
podem ser adquiridos na:

Embrapa Agroindústria Tropical
Rua Dra. Sara Mesquita, 2270, Pici
60511-110, Fortaleza, CE
Fone: (85) 3391-7100
Fax: (85) 3391-7109 / 3391-7195
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

1ª edição
(2020): on-line



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO



Comitê Local de Publicações
da Embrapa Agroindústria Tropical

Presidente

Gustavo Adolfo Saavedra Pinto

Secretária-executiva

Celli Rodrigues Muniz

Secretária-administrativa

Eveline de Castro Menezes

Membros

*Marlos Alves Bezerra, Ana Cristina Portugal
Pinto de Carvalho, Deborah dos Santos Garruti,
Dheyne Silva Melo, Ana Iraidy Santa Brígida,
Eliana Sousa Ximenes, Nivia da Silva Dias*

Revisão de texto

José Cesamildo Cruz Magalhães

Normalização bibliográfica

Rita de Cassia Costa Cid

Projeto gráfico da coleção

Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica

José Cesamildo Cruz Magalhães

Fotos da capa

Maraisa Crestani Hawerth